

S2-4-4 直流電気鉄道における高抵抗地絡検出アルゴリズムの開発

[電] ○木村 高志 管井 俊一 奥井 明伸 長谷 伸一 ((財) 鉄道総合技術研究所)

Development of an algorithm for detection of high-resistance ground faults in DC feeding systems.
Takashi Kimura, Syun-iti Sugai, Akinobu Okui, Shin-iti Hase Member (Railway Technical Research Institute)

It is difficult to detect a kind of faults with high resistance, because the fault currents is almost same or smaller than normal traction loads in DC feeding systems. In this paper, we propose a new method to detect such faults that is based on numerical accumulation of 'fault penalty value'. The value is determined from the probability distribution of the summation of all currents concerned with the feeding section. This method will make it possible to detect high-resistance faults with simple conditions in a few minutes.

キーワード：直流き電、保護方式、高抵抗地絡、き電電流

Keyword: DC feeding system, Protection, Grounding fault, Feeding current

1. はじめに

事故電流が電気車電流と同程度になる直流き電回路における地絡事故(高抵抗地絡と呼ぶ)は、過電流等従来の検出方式では保護することが困難である。実用化されている検出方式としてはギャップ方式等¹⁾もあるが、長大橋梁等の特殊箇所に採用されているのみである。本稿は、隣接する2変電所の負荷電流を取得し合計することで得られた回線電流を利用した検出方式である回線電流方式²⁾アルゴリズムの概念と運用例について報告する。

2. アルゴリズム概要

2.1 基本思想

本アルゴリズムは、事故電流は継続し、負荷電流は継続しないという特性を利用して高抵抗地絡を検出しようというものである。あるき電区域に供給される電流(回線電流I)の数値を評価し、事故の可能性を数値として蓄積する。この蓄積値(事故蓄積値Σd)が事故と判断する値(事故指定値D)に達した時に事故と判別するものである。

2.2 判別方法

回線電流の評価には表1を用いる。表1はある線区の22:00~0:00のデータをサンプリング間隔1[sec]で取得し作成したものである。表の電流値幅(δi_x)は線区によって異なり、最大の補機電流値以上が保護対象になる。また、き電線故障選択装置(50F)で保護できる範囲も対象外とする。表の値は蓄積単位(d)と呼び、例としてIが800[A]場合δi₆₆₇₋₈₇₅の「在線有り」欄よりd=92となる。そして各サンプリング時におけるIによりdを決め、Σdに足し込む。その流れを図1にブロック図として示し、回線電流と事故蓄積値の例を図2に示す。

図2は、都市近郊線で実際に取得したものである。途中(②: 23:35)から、地絡模擬電流³⁾を重畳している。

表1 評価表例(数値は蓄積単位d)

回線I [A]	-8,000 ~	250 ~	458 ~	667 ~	875 ~	1,083 ~	1,292 ~	1,500 ~	10,000 ~
構成有無	250	458	667	875	1,083	1,292	1,500	10,000	∞
在線無し	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
在線有り	0	32	50	74	92	144	81	13	

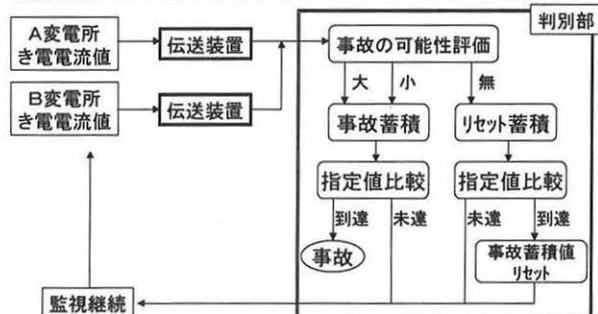


図1 ブロック図

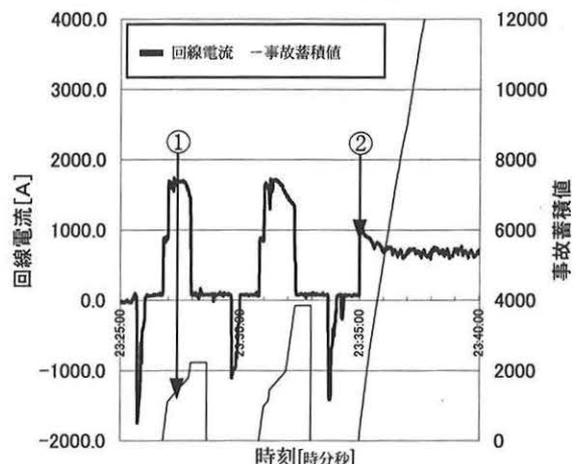


図2 回線電流と事故蓄積値の例

図2において①の時点では回線電流Iは1500[A]以上であるので表1より $I \in \delta_{i_{1500 \sim 1000}}$ によって $d=13$ となり Σd は(+13)される。この力行状態が10[sec]続くとすると、 $\Sigma d_{\text{力行} 10\text{sec}}$ は(+130)となる。また②の時点(事故模擬電流を重畳した時点)では $I \in \delta_{i_{875 \sim 1083}}$ であるので $d=92$ となり Σd は(+92)される。②の時点から10[sec]間 $I \in \delta_{i_{875 \sim 1083}}$ の状態が続くとすると、 $\Sigma d_{\text{事故} 10\text{sec}}$ は(+920)となり、通常力行時と比較し数倍の傾きで増加する。この性質を利用し、通常生じない電流領域の事故(高抵抗地絡事故)を判別するものである。

2.3 運用方法

(1) 評価表の作成

評価表は任意で整定できる。運用を「整定」状態にすると、各セルに定められた蓄積単位dは一度リセットされる。dは負荷電流が該当する電流幅 δi_x に存在した確率によって決められる。瞬時の負荷電流 i_t が該当する δi_x に存在した時間を Σt 、全時間を ΣT とすると、

$$d = \left(\frac{\Sigma t}{\Sigma T} \right)^{-1} \quad \dots(1)$$

となる。(1)式より、 i_t が存在する確率が低い δi_x には大きな蓄積単位dが与えられることになる。実際には数日以上「整定」状態で運用し、蓄積単位を決めるのがよい。

(2) 事故指定値の決定

事故指定値Dは装置が事故と判断する値であるから、通常時には到達しない値でなくてはならない。よって、(1)同様に数日間の「整定」運用時に事故蓄積値の最大値を記憶し、その最大値に任意に指定する乗率(例150%の場合(2)式)を持たした値に整定する。

$$D = 1.5 \times \Sigma d_{\text{MAX (通常時)}} \quad \dots(2)$$

(3) リセット指定値の決定

リセット指定値は蓄積される事故蓄積値をリセットするもので、リセットは蓄積無し($d=0$)の状態がリセット指定値以上続いた場合に行う。事故時に回生電流でリセットされるのを防ぐため、当該線区で発生する回生継続時間より多めに設定するとよい。

(4) 「監視」状態の流れ

(1)~(3)により整定値を決定後「監視」運用にする。「監視」状態では常時回線電流と評価表により蓄積単位を決定し、事故条件蓄積およびリセットを繰り返す。仮に図2で示すような地絡電流が計測された場合、事故条件蓄積値は事故指定値に達し、事故と判断することになる。

3. 演算結果の例

表1の評価表を利用し、地絡電流を重畳して「監視」状態における結果を表2に示す。尚、この時間の通常時における最大の事故条件蓄積値は6323であったので(3)より150%増の9484を事故指定値とする。

表2に示すように、500~1000[A]の事故電流に対し約2~5分で検知していることがわかる。なお、在線無しの場合は表1に示した上段の蓄積単位 ∞ が使われるので瞬時に検知する。

なお図2に示したのは力行時に地絡電流500[A]を重畳した場合であるが、回線電流レベルの相違により蓄積単位(傾き)が変化していることと、蓄積中に回生があるがリセット指定値が有効に機能していることがわかる。

表2 模擬地絡電流重畳時における検知に要した時分

発生	模擬地絡電流[A]	検知時間	記事
23:35	500	4m34s	補機電流のみの場合に重畳
"	750	2m52s	"
"	1000	2m05s	"
23:30	500	5m02s	力行を含む場合に重畳
"	750	3m39s	"
"	1000	3m11s	"

4. 試作装置

現在、図3に示す装置の試作を行っている。本装置はフィールド試験を目的に2変電所間でのき電電流データ突き合わせし、回線電流を高い精度で整合するものである。データ伝送は仮設物であることを考慮し、汎用バケット通信網を利用することで設置費用を抑えている。データは上下2回線(き電盤で4面)分のデータを変電所既設のCTより取得し、A/D変換して送受信から判別までを行う。

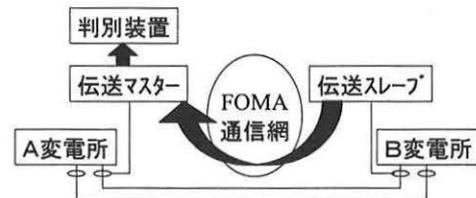


図3 試作システム概略図

5. まとめ

本稿では回線電流のレベルを判別し事故の可能性を数値として蓄積して地絡事故を検知する手法について述べた。また、本手法を使用する場合の整定及び監視状態の解説と、シミュレーションの結果、単純負荷の場合では数分での検知が可能であることを示した。試作システム完成後にはフィールド試験を行い、実用化に向けた検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 社団法人鉄道電化協会:「本四備讃線直流き電回路における保護方式の研究報告書」、1987.3
- 2) 木村・管井・奥井・長谷:「直流き電における高抵抗地絡検出方式の開発」H17電気学会産業応用部門大会論文集Ⅲ, P223-224, 2005.8
- 3) 木村・管井・奥井・長谷:「直流き電用コンクリート柱地絡模擬試験」H17電気学会全国大会講演論文集第5分冊, P306-307, 2005.3